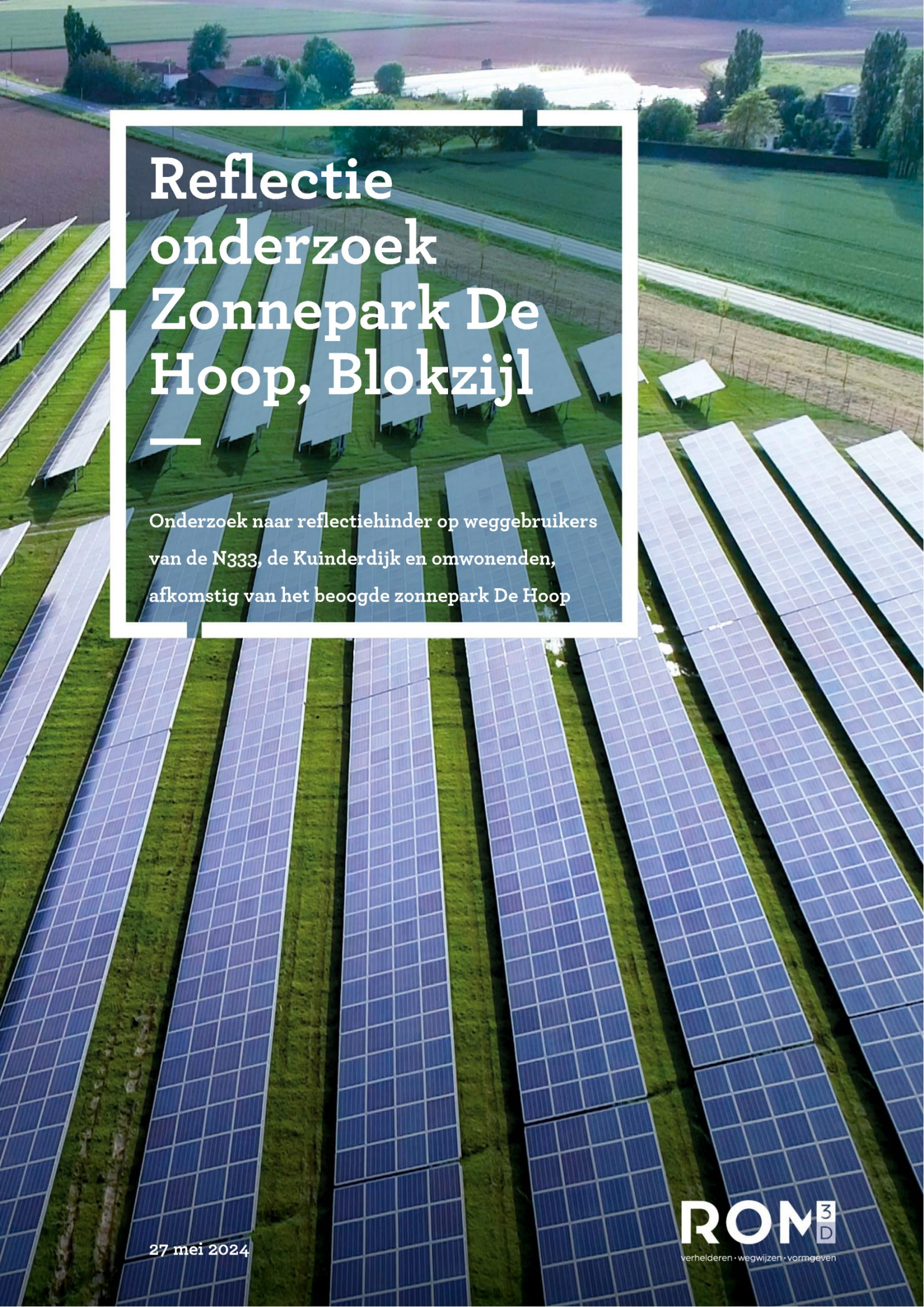




Reflectie onderzoek Zonnepark De Hoop, Blokzijl

Onderzoek naar reflectiehinder op weggebruikers
van de N333, de Kuinderdijk en omwonenden,
afkomstig van het beoogde zonnepark De Hoop

27 mei 2024

ROM^{3D}
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek Zonnepark De Hoop, Blokzijl

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers van de N333, de Kuinderdijk
en omwonenden, afkomstig van het
beoogde zonnepark De Hoop

Opdrachtgever:
Coöperatie Steenergie



Uitgevoerd door:
ROM₃D



27 mei 2024



Inhoud

1	Introductie.....	4
2	Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie	5
2.1	Lichtreflectie	5
2.2	Verblinding.....	5
2.3	Perspectief	6
3	Methode van onderzoek.....	7
3.1	ForgeSolar Tool.....	7
	Werking van de ForgeSolar tool	7
	Reflectieprofielen	8
	Wat betekenen de resultaten van de tool	9
4	Resultaten	11
4.1	Uitgangspunten	11
4.2	Uitkomst Reflectieonderzoek.....	13
	Automobilisten	13
	Vrachtwagenchauffeurs	17
	Omwonenden	18
4.3	Landschappelijke inpassing	22
5	Conclusie.....	24
6	Referenties.....	25
7	Bijlagen	26
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:	26

1 Introductie

Coöperatie Steenergie werkt aan plannen voor een zonnepark nabij ten noordwesten van Blokzijl en ten zuidwesten van Baarlo. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door dit park kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor weggebruikers van de Marknesseweg (N333) en de Kuinderdijk en voor omwonenden op twee verdiepingen. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. Zie Figuur 1.1 voor de locatie. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



Figuur 1.1: Links: plangebied Zonnepark De Hoop, Blokzijl, rechts: de locatie van het zonnepark aangeduid met de ster.
Bron: Google Earth / Google Maps / Coöperatie Steenergie

2 Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie

Voor hinder ten gevolge van reflectie bestaat géén specifiek beleid of regelgeving. Voor hinder voor omwonenden geldt echter dat in het kader van een goede ruimtelijke ordening en het in standhouden van een goed woonklimaat alle relevante aspecten moeten worden meegenomen. Reflectiehinder kan in dit kader worden beschouwd. Er zijn wel richtlijnen voor het wegverkeer opgesteld. Rijkswaterstaat heeft in samenwerking met TNO onderzocht wanneer en in welke mate reflectie hinder of verblinding voor de weggebruiker kan opleveren, met name veroorzaakt door geluidsschermen.

2.1 LICHTREFLECTIE

Reflectie kan in bepaalde gevallen leiden tot – tijdelijke - verblinding. Bij TNO Defensie en Veiligheid is een rekenmodel ontwikkeld dat de verblinding kwantificeert aan de hand van de parameters:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- Verblindingshoek,
- Achtergrondluminantie en
- Dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

Verblinding wordt omschreven als een witte waas in de ogen waardoor de omgeving niet meer kan worden waargenomen.

2.2 VERBLINDING

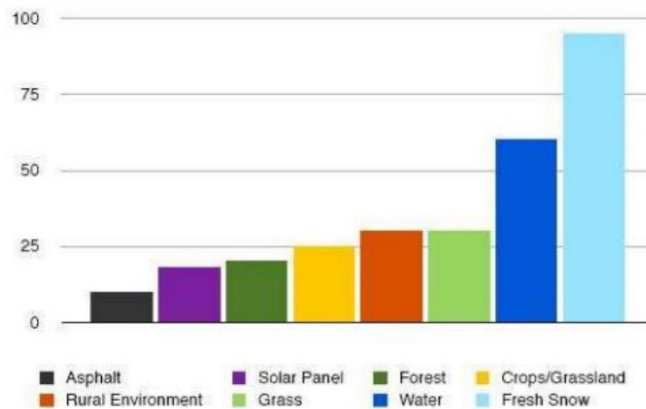
Verblinding treedt op als er zich in het gezichtsveld van de waarnemer een felle lichtbron bevindt die een veel hogere luminantie heeft dan de omgeving. De relatie met afleiding van personen is dat een felle lichtbron afhankelijk van de context (met name of het licht of donker is) meestal erg opvallend is en de aandacht kan trekken (los van het feit dat verblinding op zichzelf al onveiligheidsverhogend is).

Er zijn twee soorten verblinding: maskerende verblinding (disability glare) en oncomfortabele verblinding (discomfort glare). Maskerende verblinding werpt een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de zichtbaarheid van objecten vermindert. Oncomfortabele verblinding veroorzaakt ongemak zonder daadwerkelijk het zicht te belemmeren. Rijkswaterstaat heeft een voorkeur voor het hanteren van maskerende verblinding als toetsingscriterium. In dit reflectieonderzoek wordt oncomfortabele verblinding daarom niet verder behandeld.

2.3 PERSPECTIEF

Zonnepanelen zijn niet de enige objecten waar reflectie kan optreden. Overal waar zonlicht op valt kan het zonlicht reflecteren. In Figuur 2.1 zijn resultaten van een reflectieanalyse weergegeven. Hieruit is op te maken dat bij onder andere vegetatie zoals gras en bos een groter percentage van het licht wordt gereflecteerd dan bij zonnepanelen. In de praktijk leidt dit niet vaak tot hinder. Of de reflectie hinderlijk is, is onder andere afhankelijk van de intensiteit van het gereflecteerde zonlicht. Bij een ruwere textuur, zoals bijvoorbeeld een grasland, is de intensiteit van het gereflecteerde licht veel lager (zie Figuur 2.2). Dit komt omdat alle grassprietjes het licht in verschillende richtingen reflecteren (diffuse straling). Bij een glad, spiegelend, oppervlakte wordt dezelfde hoeveelheid licht één richting op weerkaatst (directe straling). Dit leidt tot een hogere intensiteit en dus felle reflectie van licht (FAA, 2018).

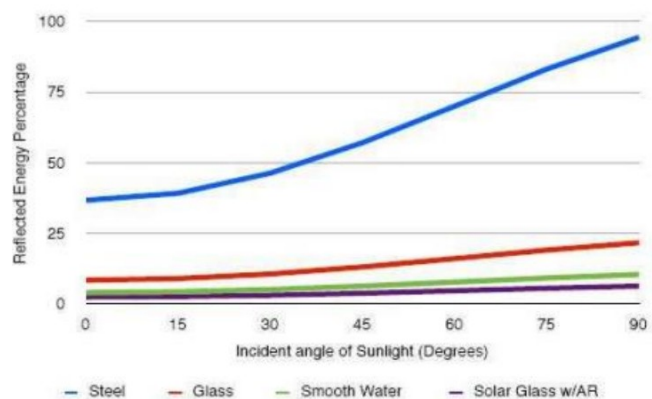
De hoeveelheid licht die van een zonnepaneel af komt is ook afhankelijk van de oppervlaktereflectie, bewolgingsgraad, geografische locatie, opstellingsvariant (grootte, hellingshoek, hoogte en oriëntatie) en tijd (jaar en dag). Met de tijd verandert de invalshoek van het zonlicht. In Figuur 2.3 is de reflectiviteit van diverse materialen uitgezet tegen de invalshoek van het zonlicht. Onderzoek heeft aangetoond dat zonnepanelen minder reflectief zijn dan stilstaand water, houten dakspanen, gras, wegen, sneeuw, staal en glas (Slana, 2018). De paarse lijn in Figuur 2.3 geeft de reflectiviteit van zonnepanelen met antireflectiecoating weer, het is daarmee minder reflectief dan bijvoorbeeld stilstaand water. Open, stilstaand water is grofweg equivalent aan zonnepanelen zonder anti-reflectiecoating (Slana, 2018).



Figuur 2.1: Vergelijkende reflectie analyse (Spaven Consulting, 2011).



Figuur 2.2: Directe en diffuse straling (FAA, 2018)



Figuur 2.3: Analyse van reflectiviteit van typische materialen versus de invalshoek van het zonlicht (Spaven Consulting, 2011).

3 Methode van onderzoek

De methode bestaat uit twee stappen:

1. Vaststellen van de variabelen voor de reflectiestudie:
 - Vaststellen van de specificaties van het zonnepark:
 - het type materiaal van de panelen,
 - wel of geen anti-reflectiecoating,
 - de hellingshoek,
 - de ligging,
 - de hoogte van de opstellingen,
 - de oriëntatie van de opstellingen.
 - Definiëren van observatiepunten langs de opstellingen van zonnepanelen,
2. Analyse op reflectie en verblinding met ForgeSolar model met de kans op voorkomen (op basis van berekende grafieken van dag en seizoen) van reflectie en kans op verblinding.

3.1 FORGESOLAR TOOL

Voor reflectiestudies maakt ROM3D gebruik van een speciaal hiervoor ontwikkelde tool: ForgeSolar. Deze tool maakt gebruik van de Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) van Sandia National Laboratories uit de VS. Het model wordt in de VS standaard en met een verplicht karakter ingezet voor de ontwikkeling van zonneparken of andere reflecterende elementen dichtbij vliegvelden. ForgeSolar voldoet daarmee aan zowel FAA als EU en andere wettelijke vereisten (ForgeSolar, 2023). Rijkswaterstaat heeft het gebruik van de SGHAT geaccepteerd als methode om de mogelijkheid van reflectie op weggebruikers te onderzoeken. Ook TNO ziet de SGHAT als een valide methode om reflectiehinder te onderzoeken (TNO, 2016).

Werking van de ForgeSolar tool

Over de opbouw van het model met aannames en berekeningswijze verwijzen wij naar de achtergrond documentatie die op de website kan worden gevonden (<https://www.forgesolar.com/>). De hinder wordt alleen berekend voor een situatie waarin reflectie maximaal is. Dat wil zeggen: geen atmosferische verstrooiing, geen bewolking en geen objecten tussen bron (zonnepark) en observatiepunt (bijvoorbeeld voertuig of gevel). Objecten in deze kunnen onder andere beplanting of andere bebouwing zijn. Als deze er wel zijn, wordt hier met de interpretatie en conclusie wel rekening mee gehouden.

De tool werkt samengevat met de volgende stappen:

1. Invoeren van de geografische afbakening van de opstellingen door polygonen te tekenen ter grootte van het oppervlak van de panelen in de ForgeSolar editor. In deze referentie zitten direct vele data gekoppeld zoals de opkomst, ondergang en loopbaan van de zon en zonnesterkte in de seizoenen, en

ook topografische hoogte in het landschap. Begroeiing, bebouwing en landschapselementen worden niet meegenomen.

2. Keuze van specifieke karakteristieken van het zonneveld: oriëntatie van de panelen (in graden), vaste opstelling of meedraaiend met de zon, hoogte en hellingshoek van de panelen, helling in het landschap, ruwheid van het zon-PV glas met of zonder anti-reflectiecoating.
3. Markeren van posities (observatie punten) rond de panelen waarvoor de potentiële reflectie per zonnepanelen opstelling, in perfecte condities¹, wordt berekend.
4. Instellen van kijkhoogte van de observant.
5. Daarna wordt het model doorgerekend met als uitkomst een gevaar/risicofiguur (hazard plot) waarin verwachte reflectie wordt geplot gedurende het jaar in drie kleuren:
 - Groen: Kleine kans op reflectie met nabeelden op het netvlies (niet hinderlijk), vergelijkbaar met oncomfortabele verblinding,
 - Geel: Reële kans op nabeelden zonder oogschade (hinderlijk), vergelijkbaar met maskerende verblinding,
 - Rood: Sterke reflectie met kans op permanente oogschade (gevaarlijk).

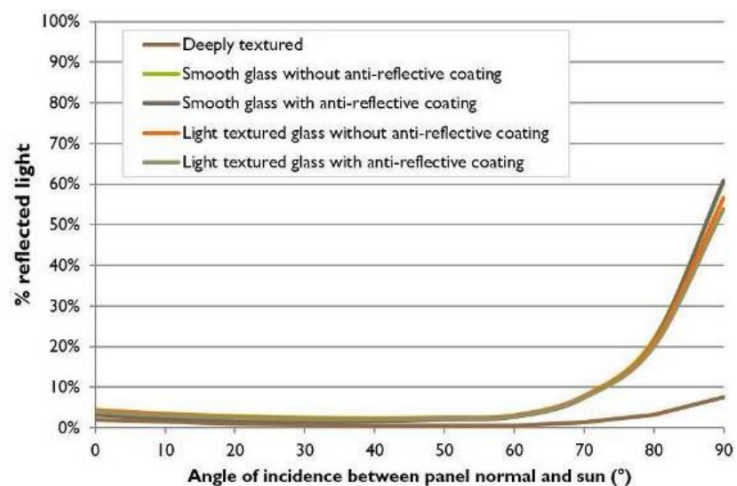
Reflectieprofielen²

Sandia National Laboratories heeft vijf generieke reflectie profielen ontwikkeld voor PV modules:

- *Smooth glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Light textured glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Deeply textured glass*

Deze profielen zijn tot stand gekomen door meer dan 20 bestaande PV modules te analyseren. Figuur 3.1 laat de reflectiviteit zien van elk ontwikkelde profiel als functie van de invalshoek van het zonlicht. Een hoek van 0° betekent hierin dat de panelen direct op de zon gericht staan. Een invalshoek van 90° komt voor als de panelen horizontaal liggen (helling van 0°) op moment dat de zon op komt en onder gaat.

Anti-reflectiecoatings (ARC) en oppervlakte textuur kunnen de reflectiviteit van panelen verminderen, maar dit is doorgaans minder dan 8%. Daar komt bij dat een ruwere textuur de grootte van de gezichtshoek van



Figuur 3.1: Reflectiviteit ten opzichte van de invalshoek van het zonlicht voor de vijf generieke reflectie profielen (ForgeSolar, 2020).

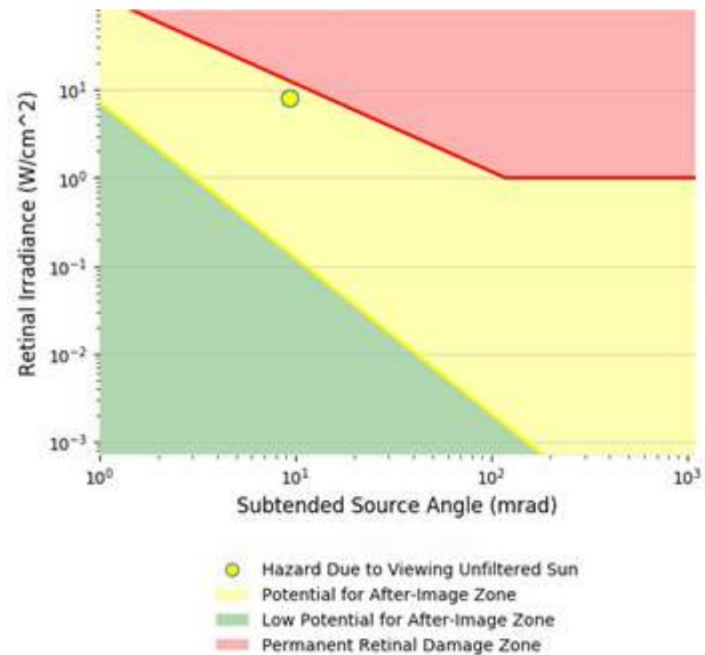
¹ Perfecte condities: Geen atmosferische blokkade van zon instraling door bijvoorbeeld atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld smog) of wolken en geen tussenobjecten die reflectie of straling kunnen blokkeren zoals gebouwen of beplanting.

² Bron voor deze hele sectie: www.forgesolar.com (ForgeSolar, 2020)

lichtbron kan vergroten (zie ook het hoofdstuk "Wat betekenen de resultaten van de tool"). Dit laatste komt omdat een ruwere textuur meer diffuse reflectie veroorzaakt.

Wat betekenen de resultaten van de tool

De ForgeSolar tool bepaalt het effect op het oog uit twee aspecten (de assen van de grafiek in Figuur 3.2): de kracht van de straling op het oog in W/cm^2 (*retinal irradiance*) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (*subtended source angle*). Een sterke lichtbron staat hoger op de verticale as in de grafiek dan een zwakke lichtbron. Op de horizontale as is de grootte van de hoek van de lichtbron weergegeven. Een kleine (punt) lichtbron staat verder naar links op de horizontale as dan een groot reflecterend vlak. De hoek van het oog naar de lichtbron is aangeduid in miliradialen. Een groter vlak zal sneller bij een lagere instralingskracht tot hinder leiden dan een kleiner vlak. De gele lijn tussen de groene en gele zone duidt de omslag tussen geen en wel kans op nabeelden. Permanent schade aan het oog ontstaat als de lichtbron in het rode gebied terecht komt. De gele stip in de gele zone geeft het gevaar/risico weer van het met het blote oog naar de zon kijken op een heldere dag.



Figuur 3.2: Tweedimensionaal ForgeSolar-plot van het effect van reflectie op het oog op basis van twee variabelen: de kracht van de straling op het oog in W/cm^2 (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). De kleuren geven het soort reflectie aan en de gele stip duidt ter referentie het gevaar/risico aan van het kijken naar de zon op een heldere dag met het blote oog. Als het onderzoek uitgevoerd is zal met oranje stippen het gevaar/risico op een observatiepunt aangeduid worden.

TNO (TNO, 2016) bepaalt maskerende verblinding (disability glare) op basis van enkele variabelen:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- verblindingshoek,
- achtergrondluminantie en
- dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

De eerste twee variabelen vormen ook de basis in de ForgeSolar tool. Achtergrondluminantie en knipperfrequentie worden niet meegenomen.

De uitkomsten van de ForgeSolar tool worden strenger beoordeeld dan de uitkomsten van de TNO disability glare methode. De duur van de overschrijding van de lichthinder volgens de TNO disability beoordelingsmethode is gemiddeld 64% van de ForgeSolar tool. Maskerende verblinding werpt volgens TNO een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de

zichtbaarheid van objecten vermindert. De ForgeSolar tool geeft de kans op nabeelden (after image) en oogschade (retinal damage) aan. Dit zijn graadmeters voor het inschatten van de kans op verblinding. Maskerende verblinding kan gaan optreden in het gele gebied van de ForgeSolar-plot en zal vrijwel zeker optreden in het rode gebied. Indien de reflectieresultaten in het groene gebied liggen zal er geen reflectie met kans op maskerende verblinding optreden. Als geen enkele reflectie optreedt is er uiteraard ook geen kans op (maskerende) verblinding. In dit onderzoek wordt gesproken van hinder als de reflectie in het gele of rode gebied ligt.

Hinder

In dit onderzoek wordt gesproken van reflectiehinder in geval van maskerende verblinding. ForgeSolar geeft een goede indicatie van kans op maskerende verblinding door te bepalen of er sprake is van zogenoemde "gele" of "rode" reflectie, die in de uitkomsten van de figuren respectievelijk geel en rood gemarkeerd zijn.

4 Resultaten

4.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de analyse van eventuele reflectie afkomstig van het Zonnepark De Hoop, Blokzijl is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

— Gemiddelde hoogte panelen ³ :	1,5 meter ⁴
— Hellingshoek panelen:	15°
— Meedraaiend met de zon:	Nee
— Oriëntatie panelen:	147°
— Panelen materiaal:	Smooth en Textured glass met anti-reflectiecoating (ARC)
○ Bijbehorende 'slope error' ⁵ :	Correleert met materiaal ⁶
— Ooghoogte automobilist:	1,10 meter ⁷
— Ooghoogte vrachtwagenchauffeur:	2,50 meter ⁷
— Ooghoogte omwonenden:	1,70 meter en 4,70 meter
— Kijkhoek weggebruiker voor routes ⁸ :	50°
— Tijdzone:	UTC +1 (wintertijd)

De reflecties zijn berekend voor 4 routes, zie hiervoor ook Figuur 4.1.

- Route 1.** Kuinderdijk. Rijrichting noord, van Blokzijl richting Kuinre. De route start ter hoogte van de rotonde met de N333 en eindigt iets ten noorden van het zonnepark.
- Route 2.** Kuinderdijk. Rijrichting zuid, van Kuinre richting Blokzijl. De route start ter hoogte van de Blokzijlerdijk nummer 26 en eindigt iets ten zuiden van het zonnepark.
- Route 3.** N333 (Marknesserweg). Rijrichting oost, van Marknesse richting Blokzijl. De route start tussen de adressen Marknesseweg 21 en 23 en eindigt ter hoogte van de rotonde met de Kuinderdijk.
- Route 4.** N333 (Marknesse weg). Rijrichting west, van Blokzijl richting Marknesse. De route start ter hoogte van de rotonde met de Kuinderdijk (voor de dijk blokkeert de dijk het zicht op het zonnepark) en eindigt ter hoogte van de rotonde met de Uiterdijkenweg.

³ Boven topografische hoogte van het maaiveld.

⁴ Gemiddelde hoogte van de hellende panelen. In de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt.

⁵ De 'slope error' is verantwoordelijk voor de lichtbundelverstrooiing op de zonnepanelen (grotere verstrooiing zorgt voor minder hinderlijke reflectie).

⁶ Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool (www.forgesolar.com)

⁷ Referentie ooghoogte automobilisten en vrachtwagenchauffeurs benoemd in de richtlijn ontwerp autosnelwegen; onder andere op pagina 49 (Rijkswaterstaat, 2022)

⁸ Kijkhoek van de waarnemer in graden naar links en naar rechts ten opzichte van de rijrichting. FAA (Federal Aviation Administration) onderzoek heeft uitgewezen dat er buiten 50° geen impact is van schittering is op de ontvanger (ForgeSolar, 2021).



Figuur 4.1: Ingetekende zonnepark (transparant blauwe vlak) met daarbij de vier routes waarvoor de reflectie berekend wordt en de observatiepunten.

De reflecties zijn ook berekend voor 13 observatiepunten, welke (groepen) van woningen representeren, zie hiervoor ook Figuur 4.1.

- | | |
|---|---|
| 1. Uiterdijkenweg nr. 51 | 8. Marknesserweg nr. 1 |
| 2. Uiterdijkenweg nrs. 53, 54, 55 en 56 | 9. Steenwijkerweg nrs. 1 en 2 |
| 3. Uiterdijkenweg nr. 57 | 10. Kuinderdijk nr. 3 |
| 4. Uiterdijkenweg nrs. 58 en 60 | 11. Kuinderdijk nr. 4 |
| 5. Uiterdijkenweg nr. 59 | 12. Kuinderdijk nr. 5 |
| 6. Uiterdijkenweg nrs. 62 en 64 | 13. Kuinderdijk nrs. 6 en 7 en Baarlo 2 |
| 7. Uiterdijkenweg nr. 61 (onbewoond) | |

De reflectie is berekend op twee hoogtes voor zowel het wegverkeer (automobilisten en vrachtwagenchauffers) en de omwonenden (geschatte ooghoogte 1^e en 2^e verdieping).

In eerste instantie is er nog geen rekening gehouden met landschappelijke inpassing en blokkerende “obstakels” zoals beplanting en bebouwing. De reflectie is berekend zoals de reflectie is zonder blokkade van het zicht op het zonnepark en daardoor dus ook maximaal. Bij de interpretatie van de resultaten wordt met deze bestaande “obstakels” wel rekening gehouden. Later in het onderzoek wordt ook stilgestaan bij de impact van de landschappelijke inpassing: wat gebeurt er met de eventuele reflectie als er struiken en een dijk worden aangelegd.

Het hoogtemodel waar de ForgeSolar tool gebruik van maakt bleek niet toereikend/nauwkeurig genoeg. Daarom zijn de hoogtes herbepaald via het AHN₄ (Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl). Alle gebruikte hoogtes kunnen gevonden worden in de bijlage.

4.2 UITKOMST REFLECTIEONDERZOEK

De berekende reflectietijden in de ForgeSolar tool zijn niet gecompenseerd voor wolken en filtering door autoruiten. TNO (TNO, 2016) beschrijft dat de totale reflectietijd door drie gedeeld kan worden om tot een realistische reflectie tijd te komen; in Nederland is er voor 2/3 deel van het jaar sprake van bewolkte omstandigheden. Ook autoruiten zwakken licht af. De transmissie van autoruiten moet minimaal 75% zijn, net als in het onderzoek van het TNO is dit ook in dit onderzoek aangehouden. De schittering is berekend met twee verschillende reflectieprofielen: *smooth glass* en *light textured glass* (afgekort tot *textured glass*), beiden met antireflectiecoating (ARC). In theorie zorgt een ruwere textuur voor een meer diffuse reflectie waardoor er op meer plekken reflectie is te zien met een lagere intensiteit dan bij een gladdere textuur. Omdat de reflectie op meer plekken te zien is zal ook de totale tijd in het jaar naar verwachting hoger zijn. Naar verwachting is het verschil klein omdat de reflectiecurves van beide profielen dicht bij elkaar liggen (zie ook Figuur 3.1).

Automobilisten

De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door autoruiten, kunnen in Tabel 4.1 gevonden worden.

Zoals in de tabel te zien is kunnen automobilisten, afhankelijk van de route die ze rijden, hinder ondervinden van de reflectie. Bij beide reflectieprofielen is er op de Kuinderdijk reflectie te zien van het zonnepark, waarbij nog geen rekening is gehouden met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing. Bij *smooth glass* ook op N333 in westelijke rijrichting. Bij *textured glass* is de intensiteit lager en is de reflectie die bij *smooth glass* nog als hinderlijk wordt waargenomen (geel), niet meer hinderlijk bij *textured glass*.

Tabel 4.1: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten in uren per jaar voor *smooth* en *textured glass*, zonder rekening te houden met met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing, beiden met antireflectiecoating.

Route	Smooth glass met ARC		Textured glass met ARC	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1: Kuinderdijk ri noord	3,6	13,7	4,6	13,8
2: Kuinderdijk ri zuid	0,0	0,0	0,0	0,0
3: N333 ri oost	0,4	0,0 ⁹	0,5	0,0
4: N333 ri west	7,6	0,2	8,3	0,0

De exacte plek waar de reflectie op kan treden wordt duidelijk uit Figuur 4.2. Deze figuur laat de bron zien van waar op de route schittering is waar te nemen en waar deze vandaan komt van het zonnepark bij *smooth glass*. De locaties met *textured glass* zijn vergelijkbaar en kunnen in de bijlagen gevonden worden. Op route 1 komt de schittering van ongeveer het hele zonnepark af. Alleen de zuidwestelijke hoek veroorzaakt geen hinderlijke schittering. Op route 4 zorgt juist het zuidwestelijke deel wel voor schittering. Het grootste deel is hier geel, maar ligt tegen groen aan. Tussen de reflectie op de route en de bron op het zonnepark zit ongeveer 800 meter. Door atmosferische verstrooiing (niet meegenomen in de figuur en in de resultaten) zal naar verwachting de mate van hinder afnemen en hier van geel naar groen schuiven (zie ook Figuur 4.3). Daarnaast zal de reflectie hier ook grotendeels geblokkeerd worden door de gebouwen en beplanting op het erf van de Uiterdijkenweg 61.



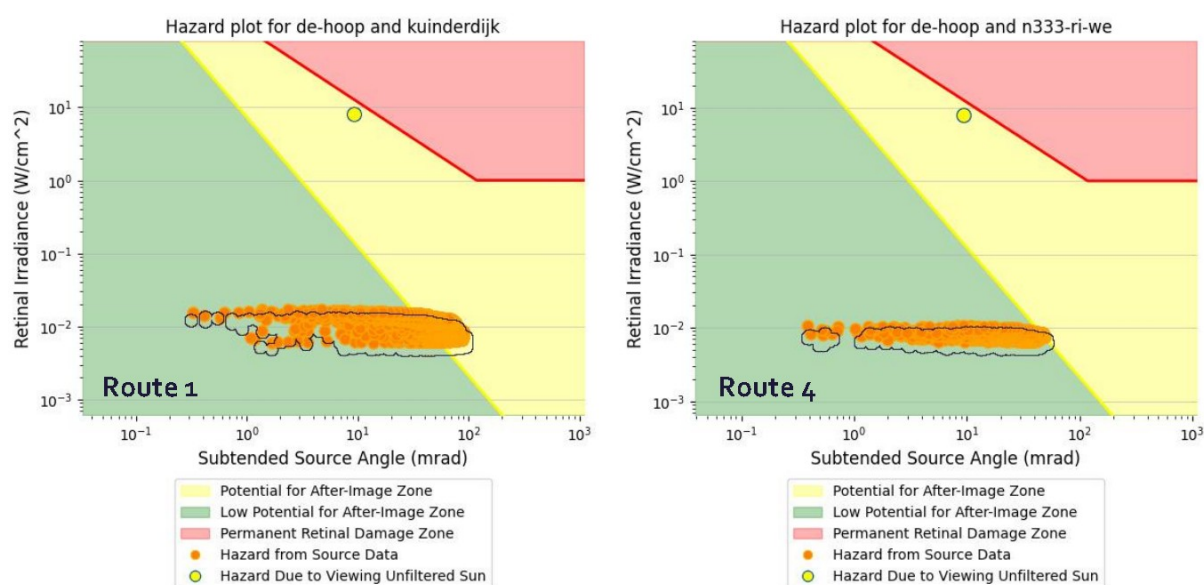
Figuur 4.2: Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf route 1 (links) en route 4 (rechts) en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt bij *smooth glass*. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie.

⁹ In de bijlagen is hier wel gele reflectie te zien, maar dit is zo weinig (1 minuut per jaar) dat er met compensatie en omrekening naar uren 0,0 uur overblijft op jaarbasis.

Daar waar de zonnepanelen gekleurd zijn komt niet altijd (hinderlijke) reflectie vandaan, maar op een bepaald moment in het jaar wel. Afhankelijk van de stand van de zon komt de reflectie ergens anders vandaan. Elke dag en tijd staat de zon net anders, de reflectie komt dus ook steeds net ergens anders vandaan. Bij de berekening van de reflectie op de routes is rekening gehouden met een beoordelingsveld van 50 graden naar links en rechts ten opzichte van de rijrichting. Onderzoek heeft uitgewezen dat reflectie zichtbaar buiten dit beoordelingsveld geen impact heeft op de ontvanger (ForgeSolar, 2021) en zal daardoor niet tot hinderende verblinding leiden.

In de bocht bij route 4 zijn ook nog twee gele vlekjes te zien. Dit is eerder een fout in de resultaten dan dat hier daadwerkelijk reflectie te zien is. Reflectie wordt alleen doorerekend binnen een hoek van 50 graden van de rijrichting. Om de rijrichting te bepalen heeft ForgeSolar een start en eindpunt nodig. Deze twee gele bolletjes liggen precies op een punt van de route. Op een punt kan geen richting bepaald worden en dus ook geen beoordelingsveld. Op zo'n punt wordt dus de reflectie berekend in alle kijkrichtingen. De reflectie die hier in de resultaten te zien is, zal op de route buiten het beoordelingsveld vallen en dus ook niet tot hinder leiden.

De mate van hinder wordt duidelijk uit Figuur 4.3. In oranje is hier de mate van hinder weergegeven bij *smooth glass*. De mate van hinder bij *textured glass* is weergegeven door middel van de contour van de waarnemingen (oranje vlekken) over de mate van hinder bij *smooth glass* heen te leggen. De mate van beide reflectieprofielen zijn vergelijkbaar, alleen is de kracht van de instraling van de reflectie op het oog lager bij *textured glass*.

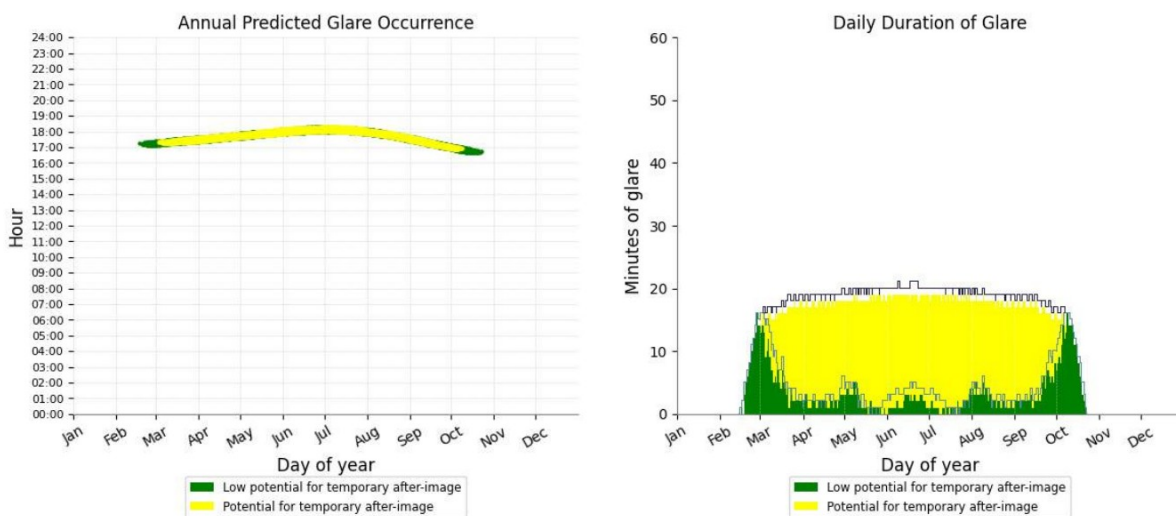


Figuur 4.3: Gevaarplots van route 1 (links) en route 4 (rechts). In oranje zijn de waarnemingen bij *smooth glass* weergegeven. De blauwe lijn geeft de contour van alle waarnemingen bij *textured glass* weer.

In de figuur is te zien dat op route 1 de meeste reflectie in het groene gebied ligt, maar er zijn ook een heel aantal waarnemingen (oranje bolletjes) die in het gele gebied liggen. Op route 4 liggen bijna alle waarnemingen in het groene bereik. Uit Figuur 4.2 bleek al dat de gele bolletjes op de route in de bocht niet tot hinder leiden. Deze kunnen in de gevaarplot dan ook genegeerd worden, daarbij zal de mate van hinder in

de praktijk ook lager liggen dan geschetst in de figuren. In Tabel 4.1 is rekening gehouden met filtering door autoruiten en bewolking, maar dat is niet het geval in Figuur 4.2, Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De reflectie is berekend bij perfecte condities: helder weer, geen atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel), geen bewolking en geen blokkerende obstakels zoals beplanting en bebouwing. Als de weersomstandigheden slechter zijn en er minder zonlicht op de panelen valt, dan neemt de *retinal irradiance*, de kracht van de instraling van het zonlicht op de panelen en daardoor ook van de reflectie op het oog af. De mate van hinder van de waarnemingen van de reflectie (oranje vlekken) in Figuur 4.3 verschuiven daardoor op de verticale as naar beneden. De reflectie schuift van geel richting groen. In Figuur 4.2 en Figuur 4.4 kan de gele kleur daardoor ook groen worden.

De totale tijd en duur van hinderlijke schittering voor route 1 is weergegeven in Figuur 4.4. Omdat er op basis van de mate en de locatie geconcludeerd kan worden dat route 4 niet tot hinder leidt is deze route niet verder uitgewerkt. De tijd en duur voor route 4 kan wel in de bijlage gevonden worden. De tijd in het jaar dat de reflectie optreedt is voor beide reflectieprofielen nagenoeg gelijk. De totale duur op de dag verschilt enkele minuten tussen *smooth glass* en *textured glass*. De figuur is weergegeven voor *smooth glass*. De duur op de dag voor *textured glass* is weergegeven met een grijze lijn voor de niet hinderlijke reflectie (groene reflectie) en de blauwe lijn voor de reflectie die wel tot hinder kan leiden (gele reflectie). Bij *textured glass* is de totale duur op de dag net iets langer. De reflectie kan tot hinder leiden van begin maart tot begin oktober in de avond tussen 17.00 uur en 19.30 uur (rekening houdend met zomer/wintertijd), voor maximaal 20 minuten per dag. De totale schitteringsduur en tijdstippen voor de andere routes (met niet hinderlijke reflectie) en reflectieprofielen zijn te vinden in de bijlagen.



Figuur 4.4: Totale tijd in het jaar (links) en duur op een dag (rechts) wanneer schittering wordt waargenomen op route 1. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal op een plek op de route hinderlijke schittering kunnen worden waargenomen bij *smooth glass*. De duur op de dag bij *textured glass* is weergegeven met de grijze lijn voor niet hinderlijke reflectie en de blauwe lijn voor hinderlijke reflectie.

Zonder nog rekening te houden met enige landschappelijke inpassing kunnen automobilisten op route 1 hinder ondervinden van de reflectie, is er op route 2 geen reflectie zichtbaar, op route 3 is die niet hinderlijk en op route 4 wordt de reflectie voldoende geblokkeerd of verminderd waardoor deze niet meer tot hinder zal leiden.

Vrachtwagenchauffeurs

Vrachtwagenchauffeurs zitten hoger dan de gemiddelde automobilist. Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor vrachtwagenchauffeurs. De uitgangspunten voor het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Voor vrachtwagenchauffeurs is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 2,50 meter. De totale gecompenseerde reflectietijden in uren per jaar zijn te vinden in Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor vrachtwagenchauffeurs in uren per jaar voor *smooth* en *textured glass*, zonder rekening te houden met met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing, beiden met antireflectiecoating.

Route	Smooth glass met ARC		Textured glass met ARC	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1: Kuinderdijk ri noord	4,0	14,3	5,2	14,2
2: Kuinderdijk ri zuid	0,0	0,0	0,0	0,0
3: N333 ri oost	1,7	0,5	1,9	0,4
4: N333 ri west	8,2	0,1	8,9	0,0

Ten opzichte van automobilisten is de reflectie vergelijkbaar voor route 1 en 4, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden iets groter voor vrachtwagenchauffeurs. De richting en mate van hinder zijn wel vergelijkbaar met hinder die automobilisten ondervinden. Op route 3 kunnen vrachtwagenchauffeurs, in tegenstelling tot automobilisten, wel hinder ondervinden van de reflectie. De bron van de reflectie en waar op de route deze zichtbaar is, is voor *textured glass* te vinden in Figuur 4.5. *Smooth glass* is vergelijkbaar en te vinden in de bijlage. In de figuur zijn met rood hulplijnen getrokken. Binnen deze hulplijnen moet het zicht op het zonnepark vrij zijn om hinder te kunnen ondervinden van de reflectie. Dat is niet het geval. Een groot deel van de reflectie zal geblokkeerd door bebouwing en beplanting van de erven Uiterdijkenweg 59, 62 en 64. Ook blokkeert de opgaande beplanting parallel aan de N333 (achter Uiterdijkenweg 64) het zicht op het zonnepark. Zeker ten tijde wanneer de hinder plaatsvindt, in de zomermaanden, en er veel blad aan de bomen zit.

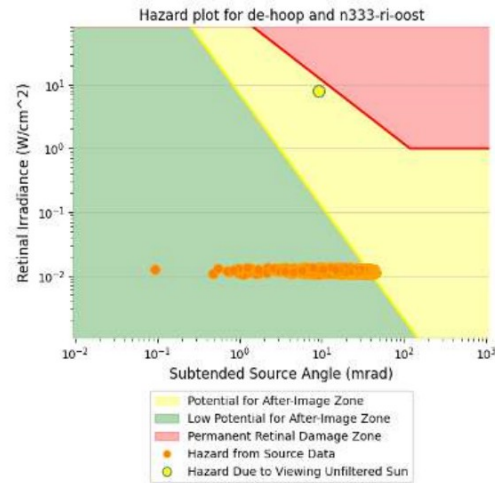


Figuur 4.5: Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf route 3 en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt bij *textured glass*. Hoe geleer de kleur, hoe meer reflectie. In rood hulp zichtlijnen van de route naar de bron.

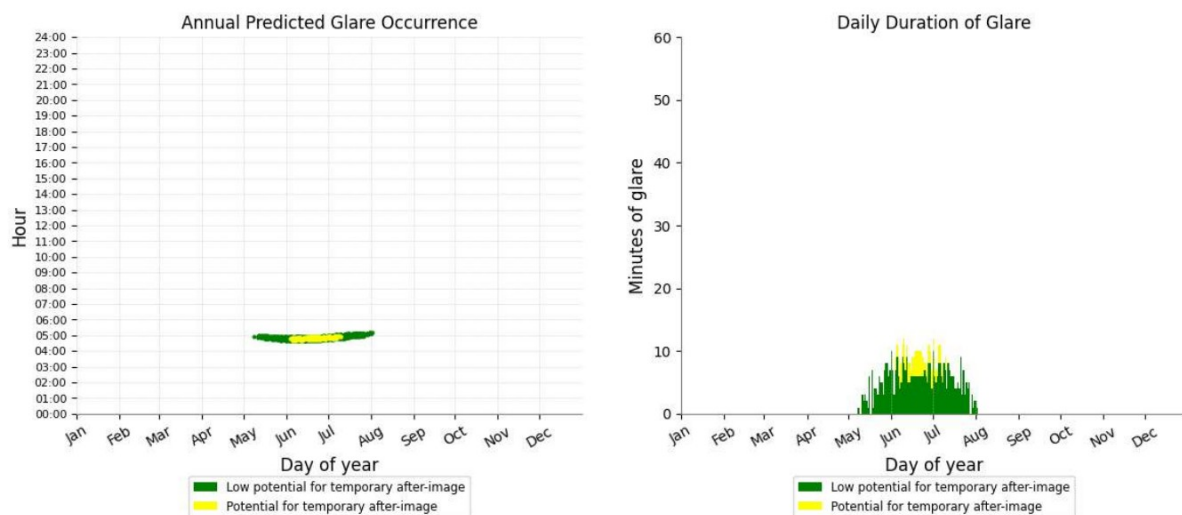
Door de blokkade zal de reflectie niet tot hinder leiden voor vrachtwagenchauffeurs. Bovendien is hier ook de afstand groot en zullen atmosferische effecten net als bij route 4 er zeer waarschijnlijk voor zorgen dat de reflectie niet hinderlijk is. In Figuur 4.6 kan de gevaarplot van route 3 gevonden worden. In Figuur 4.7 is te zien

dat de hinder in juli en augustus plaatsvindt, in de ochtend tussen 5.30 uur en 6.00 uur (zomertijd) voor maximaal 5 minuten per dag.

Voor vrachtwagenschauffeurs kan dezelfde conclusie getrokken worden als voor automobilisten: er kan hinderlijke schittering ervaren worden op route 1 en is er op route 2 geen reflectie zichtbaar als er nog geen rekening gehouden wordt met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing. Op route 3 en 4 zal de reflectie geblokkeerd worden of zal de mate van hinder voldoende afnemen om niet meer hinderlijk te zijn. De resultaten per route voor beide reflectieprofielen zijn te vinden in de bijlage.



Figuur 4.6: Gevaarplots van route 3. In oranje zijn de waarnemingen bij *textured glass* weergegeven.



Figuur 4.7: Totale tijd in het jaar (links) en duur op een dag (rechts) wanneer schittering wordt waargenomen op route 3. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal op een plek op de route hinderlijke schittering kunnen worden waargenomen bij *textured glass*.

Omwonenden

Voor omwonenden is gekeken naar de reflectie op ooghoogte op de begane grond en op de eerste verdieping. Dezelfde uitgangspunten als voor het wegverkeer zijn aangehouden. Transmissie van autoruiten is uiteraard niet meegenomen bij de gecompenseerde reflectietijden voor omwonenden, bewolking wel. Voor omwonenden is 360 graden rondom de observatiepunten gekeken. Deze zijn geplaatst nabij de woning, alsof de bewoners in de tuin staan/door een raam naar buiten kijken. De totale gecompenseerde reflectietijden in uren per jaar vanaf de begane grond, waarbij nog geen rekening is gehouden met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing, zijn te vinden in Tabel 4.3. De resultaten voor de eerste verdieping staan in Tabel 4.4.

Tabel 4.3: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor omwonenden op de begane grond in uren per jaar voor *smooth* en *textured glass*, zonder rekening te houden met met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing, beiden met antireflectiecoating.

Observatiepunt	Smooth glass met ARC		Textured glass met ARC	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0
5	6,0	0,9	7,4	0,0
6	1,5	0,0	1,6	0,0
7	6,9	18,8	8,8	18,7
8	10,2	0,0	10,9	0,0
9	9,1	6,3	11,4	5,1
10	8,9	8,4	11,3	7,2
11	7,2	12,8	9,3	12,1
12	9,6	14,9	13,7	12,4
13	3,2	0,1	3,4	0,0

Tabel 4.4: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor omwonenden op eerste verdieping in uren per jaar voor *smooth* en *textured glass*, zonder rekening te houden met met beplanting, bebouwing en landschappelijke inpassing, beiden met antireflectiecoating.

Observatiepunt	Smooth glass met ARC		Textured glass met ARC	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0
4	4,4	2,7	5,8	1,7
5	6,8	2,7	9,7	0,5
6	2,6	0,0	2,9	0,0
7	10,6	23,9	13,0	23,3
8	11,1	0,0	11,9	0,0
9	8,9	7,6	11,2	6,4
10	7,3	12,4	9,7	11,4
11	6,8	15,5	8,5	15,3
12	8,2	21,5	12,1	19,6
13	5,9	0,9	7,2	0,2

Voor de omwonenden geldt in het algemeen dat de totale tijd van reflectie op de eerste verdieping groter is dan op de begane grond. De bron waar de reflectie vandaan komt en wanneer deze te zien is verschilt per observatiepunt. Voor omwonenden geldt ten alle tijden dat ze om hinder te ondervinden van de reflectie wel zicht moeten hebben op de zonnepanelen. Als ze binnen staan moet er dus een raam zijn met vrij zicht op het zonnepark en als ze in de tuin staan moet de eigen (of een andere woning) dus ook niet het zicht op het zonnepark blokkeren. In Figuur 4.8 is per observatiepunt waarop hinder ondervonden kan worden uitgewerkt waar de reflectie vandaan komt op de eerste verdieping bij *textured glass*. De reflecterende oppervlakte is in



Figuur 4.8: Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf de observatiepunten waar reflectie kan worden waargenomen bij *textured glass* op de eerste verdieping. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie.

de meeste gevallen bij *textured glass* iets groter dan bij *smooth glass* en op de eerste verdieping net iets meer dan op de begane grond. Maar de verschillen zijn zo klein en bijna alleen te zien als de lagen over elkaar heen gelegd worden, om die reden zijn de afbeeldingen in Figuur 4.8 representatief voor alle 4 scenario's. Bij deze resultaten is in alle gevallen uitgegaan van vrij zicht op het zonnepark. De mate van hinder is in het ergste geval vergelijkbaar met de hinder voor automobilisten op route 1 (Figuur 4.3). In de bijlagen kunnen per observatiepunt de bron op het zonnepark, de mate van hinder, de tijd in het jaar en de duur per dag gevonden worden voor beide reflectieprofielen en voor beide doorgerekende hoogtes. Als de hinder plaatsvindt dan staat de zon in ongeveer dezelfde richting als waar de reflectie vandaan komt. De reflectie is nooit hinderlijker dan het directe zonlicht. Als omwonenden maatregelen hebben genomen tegen het zonlicht (bijvoorbeeld het sluiten van gordijnen of screens) dan zal dit ook een positief effect hebben op het voorkomen/verminderen van de reflectiehinder.

Hieronder is per observatiepunt kort uitgewerkt of het aannemelijk is of de omwonenden hinder zullen ondervinden van de reflectie vanuit hun tuin/woning.

- OP 1. Geen reflectie.
- OP 2. Geen reflectie.
- OP 3. Geen reflectie.
- OP 4. Reflectie treedt op in de ochtend tussen 5.30 en 6.30 uur (zomertijd) van eind mei tot half juli en is maximaal 10 minuten hinderlijk. De hoge beplanting voor de woning Uiterdijkenweg nr. 58 zal de reflectie allemaal blokkeren, waardoor geen hinder ondervonden zal worden van de reflectie. Bij nr. 60 is dit niet het geval. Vanuit de woning zal er reflectie te zien kunnen zijn. Vanuit de achtertuin niet, hier blokkeren de woning zelf, de schuur en beplanting het zicht op het zonnepark.
- OP 5. De hinderlijke reflectie vindt plaats in juni tussen 5.30 en 6.00 uur (zomertijd). Er staat veel hoge beplanting en er staan meerdere gebouwen tussen de woningen en de plek waar de reflectie vandaan komt. De hinder wordt veroorzaakt door het oostelijk deel van het zonnepark. Hier staan ook de panden aan de Uiterdijkenweg 61 tussen. De verwachting is dat alle reflectie geblokkeerd wordt en dat er vanaf observatiepunt 5 geen hinder wordt waargenomen.
- OP 6. Geen hinderlijke reflectie.
- OP 7. OP 7 is onbewoond. Van half maart tot eind september kan hinderlijke reflectie optreden tussen 18.00 uur en 19.30 uur, voor maximaal 15 minuten. Dit komt van de zuidwestelijke kant van het zonnepark. Afhankelijk van de exacte locatie in de tuin of in de woning zal de reflectie gedeeltelijk geblokkeerd worden, maar dit zal niet volledig zijn.
- OP 8. Geen hinderlijke reflectie.
- OP 9. Van begin mei tot begin augustus kan tussen 18.30 uur en 19.30 uur (zomertijd) hinder optreden van de reflectie voor maximaal 15 minuten per dag. Vanuit de woning is het deel van het zonnepark waar de hinderlijke reflectie vandaan komt te zien en daardoor wel kans op hinder van de reflectie.
- OP 10. De woning ligt achter de dijk. Vanaf de begane grond kijken de bewoners tegen de dijk aan. vanaf de eerste verdieping is de reflectie wel te zien. Van begin april tot begin september kan tussen 18.00 uur en 19.30 uur (zomertijd) hinder optreden van de reflectie voor maximaal 15 minuten per dag.
- OP 11. De woning ligt achter de dijk. Vanaf de begane grond kijken de bewoners tegen de dijk aan. vanaf de eerste verdieping is de reflectie wel te zien. Van half maart tot half september kan tussen 18.00 uur en 19.30 uur (zomertijd) hinder optreden van de reflectie voor maximaal 15 minuten per dag.
- OP 12. De woning ligt achter de dijk. Vanaf de begane grond kijken de bewoners tegen de dijk aan. vanaf de eerste verdieping is de reflectie wel te zien. Van begin februari tot begin november kan tussen 16.00 uur en 19.30 uur (rekening houdend met zomer- en wintertijd) hinder optreden van de reflectie voor maximaal 5 minuten per dag in de zomer en 15 minuten per dag in het voor/najaar. De beplanting aan de noordwest kant van het perceel zal wel iets tegenhouden aan reflectie, maar dit zal maar een klein deel betreffen en afhankelijk zijn van de hoeveelheid bladeren aan de bomen.

- OP 13.** Deze woningen liggen achter de dijk. Vanaf de begane grond kijken de bewoners tegen de dijk aan. vanaf de eerste verdieping is de reflectie wel te zien. Dit betreft enkele minuten in februari en in november rond 17.00 uur en is zeer minimaal. De duur en de mate van hinder (zie bijlage) maken de reflectie verwaarloosbaar.

Samengevat kan er vanaf OP 4 (nr 60), OP 7 en OP 9 hinder ondervonden worden vanaf de begane grond en vanaf de eerste verdieping. Op OP 10, 11 en 12 zal alleen vanaf de eerste verdieping hinder ondervonden kunnen worden van de reflectie.

In het algemeen is de verwachting dat de hinder, ook zonder landschappelijke inpassing, niet tot problemen zal leiden. Voor OP 4 treedt de reflectie erg vroeg op in de ochtend en is de maximale totale duur per dag kort. Dat laatste geldt ook voor OP 7 en OP 9. Voor OP 10, 11 en 12 is er op de begane grond geen hinder waar te nemen. Op de begane grond vindt in het algemeen de meeste activiteit in en rondom het huis plaats. Daar komt nog bij dat de reflectie met name uit de richting komt waar ook de zon op dat moment staat. Als men hinder ondervindt van de reflectie dan is de kans groot dat de zon zelf ook hinder veroorzaakt. De mate van hinder van het directe zonlicht is vele malen groter dan de mate van hinder van de reflectie. Hinderwerende maatregelen tegen de het zonlicht zoals bijvoorbeeld een zonnebril of het sluiten van gordijnen helpen ook tegen de reflectie. Bovendien is de reflectie in de praktijk minder hinderlijk dan geschetst in de figuren door bewolking en atmosferische verstrooiing. Gezien dit alles en de relatief korte duur is de verwachting dat de reflectie afkomstig van het zonnepark ook zonder landschappelijke inpassing voor omwonenden niet tot problemen zal leiden.

4.3 LANDSCHAPPELIJKE INPASSING

Zoals eerder geschreven zijn obstakels als bomen en beplanting niet meegenomen in de berekeningen. In het landschapsplan is hier wel rekening mee gehouden. In het landschapsplan wordt beschreven dat er rondom het zonnepark een dijk van 1,5 meter hoog komt te liggen met op deze dijk een struweel van 3,5 meter hoog die het zonnepark onttrekt uit het zicht. Als het zonnepark niet te zien is, is de reflectie ook niet te zien. Automobilisten, vrachtwagenchauffeurs en omwonenden (op de begane grond en eerste verdieping) zullen geen hinder ondervinden van de reflectie als zij het zonnepark niet kunnen zien.

De landschappelijke inpassing is doorgerekend als een blokkerend object waar geen licht



Figuur 4.9: Ingetekende zonnepark (transparant blauwe vlak) met daarbij de dijk met struweel weergegeven als oranje lijn (obstr 1)

doorheen komt. Deze is weergegeven in Figuur 4.9. Verschillende hoogtes zijn doorerekend voor dit blokkerend object. Uit deze berekeningen is gebleken dat de hoogte minimaal 4,25 meter moet zijn om alle hinderlijke reflectie te blokkeren. Dit is 0,75 meter lager dan de daadwerkelijke hoogte van 5 meter (1,5 + 3,5 meter). Als de beplanting en dijk samen 4,25 meter boven maaiveld komen, of hoger, dan leidt dit niet tot hinderlijke reflectie. Op geen van de routes en observatiepunten komt op de doorerekende hoogtes gele reflectie naar voren. De resultaten kunnen gevonden worden in Tabel 4.5. Zoals te zien is wordt hierdoor geen hinderlijke schittering meer waargenomen.

Vanwege belemmeringen in het model is de noordzijde van het zonnepark opengelaten. Uit hoofdstuk 4.2 is gebleken dat via deze kant geen reflectiehinder wordt waargenomen.

Tabel 4.5: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor de hoge kijkhoogtes (vrachtwagenchauffeurs en omwonenden op de eerste verdieping) in uren per jaar voor *textured glass*, met antireflectiecoating, waarbij de landschappelijke inpassing is ingetekend rondom het zonnepark¹⁰

	Groene reflectie	Gele reflectie
Route 1: Kuinderdijk ri noord	8,7	0,0
Route 2: Kuinderdijk ri zuid	0,0	0,0
Route 3: N333 ri oost	0,0	0,0
Route 4: N333 ri west	6,2	0,0
Observatiepunt 1	0,0	0,0
Observatiepunt 2	0,0	0,0
Observatiepunt 3	0,0	0,0
Observatiepunt 4	0,0	0,0
Observatiepunt 5	0,0	0,0
Observatiepunt 6	0,0	0,0
Observatiepunt 8	8,1	0,0
Observatiepunt 9	4,9	0,0
Observatiepunt 10	4,3	0,0
Observatiepunt 11	3,7	0,0
Observatiepunt 12	0,0	0,0
Observatiepunt 13	0,0	0,0

¹⁰ In het model zit een fout voor OP 7. De modelresultaten tonen foutieve uitkomsten, om die reden is OP 7 niet meegenomen in de berekeningen met inpassingsplan. Vanuit OP 7 kan niet over een 5 meter hoge landschappelijke inpassing gekeken worden en bovendien is OP 7 niet bewoond. In de bijlagen verspringt de nummering van de observatiepunten hier en komen de observatiepunten nummers vanaf OP 8 en hoger niet meer overeen met de nummering in dit rapport.

5 Conclusie

Eventuele reflectie voor het beoogde zonnepark De Hoop is doorgerekend. Er is gekeken naar de omliggende woningen en wegverkeer over de N333 (Marknesseweg) en de Kuinderdijk.

Zonder landschappelijke inpassing kan er hinder worden ondervonden van de reflectie op de Kuinderdijk in noordelijke rijrichting. Voor omwonenden aan de Kuinderdijk nrs. 60 en 61 en de Steenwijkerweg nrs. 1 en 2 kan er hinder ondervonden kan worden vanaf de begane grond en vanaf de eerste verdieping. Aan de Kuinderdijk 3, 4 en 5 zal alleen vanaf de eerste verdieping hinder ondervonden kunnen worden van de reflectie. Ook zonder de landschappelijke inpassing is de verwachting dat ondanks dat er hinderlijke reflectie waargenomen kan worden, dat dit niet tot problemen zal leiden.

In het landschapsplan wordt een dijk van 1,5 meter hoog met daarop een struweelhaag van 3,5 meter hoog beschreven. Berekeningen hebben aangetoond dat als deze dijk wordt aangelegd en de struweel minimaal 2,75 meter hoog wordt dat dat voldoende is om alle hinderlijke reflectie tegen te gaan. Dat is het geval.

Omwonenden en wegverkeer zullen dus geen hinder ondervinden van reflectie afkomstig van zonnepark De Hoop.

6 Referenties

- FAA. (2018). *Technical Guidance for Evaluating Selected Solar Technologies on Airports*. Washington.
- ForgeSolar. (2020). *Module Reflectance Profiles*, Release 2020.04. Opgeroepen op 10 mei, 2020, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#reflectivity>
- ForgeSolar. (2021). *Route Parameters*. Opgeroepen op 7 april, 2021, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#route>
- ForgeSolar. (2023). *Homepage*. Opgeroepen op 23 November, 2023, van ForgeSolar: <https://www.forgesolar.com/>
- Rijkswaterstaat. (2022). *Richtlijn Ontwerp Autosnelweg 2019 (ROA2019)*. Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Slana, J. (2018). *Solar Glare Catalogue Development For Solar Photovoltaic Project Proposals*. Calgary, AB: University of Calgary.
- Spaven Consulting. (2011). *Solar Photovoltaic energy facilities: assessment of potential for impact on aviation*. Report No.10/344/RPS/1.
- TNO. (2016). *Lichthinder zonreflectie voor weggebruikers – ontwikkeling beoordelingsmethode op basis van disability glare*. TNO 2016 R10690.

7 Bijlagen

In de bijlage zijn de modeluitkomsten van het reflectieonderzoek bijgevoegd. Deze zijn bijgevoegd als afzonderlijke pdf. In deze PDF rapporten is niet gecompenseerd voor de situatie met een wolkendek. Er wordt dus overal uitgegaan van perfecte – dat wil zeggen zonnige en heldere - condities voor reflectie. In de praktijk zullen bewolking en atmosferische verstrooiing zorgen voor minder schittering.

Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:

- ForgeSolar Analysis Report – smooth glass hoge kijkhoogte.pdf
- ForgeSolar Analysis Report – smooth glass lage kijkhoogte.pdf
- ForgeSolar Analysis Report – textured glass hoge kijkhoogte met inpassing.pdf
- ForgeSolar Analysis Report – textured glass hoge kijkhoogte.pdf
- ForgeSolar Analysis Report – textured glass lage kijkhoogte.pdf